

## 화학물질 노출 근로자를 위한 호흡보호구 선정 지침 개발

한돈희<sup>\*</sup> · 유계묵<sup>1</sup>

인제대학교 보건안전공학과 · <sup>1</sup>한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

### A Development of Preliminary Respirator Selection Guide(PRSG) for Workers Exposed to Chemicals

Don-Hee Han · Kye-Mook Yoo<sup>1</sup>

*Department of Occupational Health and Safety Engineering, Inje University*

*<sup>1</sup>Occupational Safety and Health Research Institute (OSHRI),  
Korean Occupational Safety and Health Agency (KOSHA)*

#### ABSTRACT

**Objectives:** Korean Occupational Safety and Health Agency(KOSHA) intended to provide guidance to respirator program administrators on respirator selection. The purpose of this project is to suggest a preliminary respirator selection guide(PRSG) for the final guidance certified by KOSHA for the correct selection of respirators in the workplace.

**Materials:** This PRSG was made on the based of current status of respirator usage including respirators available in Korea, foreign documents search and so on. PRSG was partially modified NIOSH pocket guide to chemical hazards, 3M Respirator Protection Resource Guide(RPRG) and OSHA Assigned Protection Factor(APF) rulemaking.

**Results:** Respirators for chemicals having Korean Occupational Exposure Limits(KOELs) can be recommended in PRSG. For the others chemicals that have no KOELs, PRSG tells you what respirators you can select, using a simple step-by-step approach after health hazard assessment like HSE procedure.

**Conclusions:** PRSG helps you to decide the right level of protection for a given hazardous substance and how to select the right respirators. PRSG is thus expected to reduce significant misuses of respirators for the work environment.

**Key words :** assigned protection factor, respirator selection guide, respirator

#### I. 서 론

호흡보호구는 잘못 사용하면 작업자의 생명을 앗아 가거나 비가역적인 건강장애를 초래하기 때문에 산업 위생 선진국에서는 매우 중요하게 다루고 있다. 미국 NIOSH에서는 1987년 ‘NIOSH guide to industrial respiratory protection’을 만들어 배포했는데 이 자료는 사업장뿐만 아니라 대학 및 대학원 교재로도 활용되고 있다(NIOSH, 1987). 특히, 2004년에 개정한 ‘2004

NIOSH respirator selection logic’은 32페이지에 불과한 소책자이지만 호흡보호구의 선정 흐름도, 호흡보호구의 종류에 대한 정의, 할당보호계수(APF), IDLH 등 호흡보호구에 관한 거의 모든 것을 간단명료하게 요약하여 놓았다(NIOSH, 2005). 또 미국 OSHA에서는 ‘호흡기보호법(29 CFR 1910.134, Respiratory Protection)’을 만들어 호흡보호구의 선정지침은 물론, 생산, 용도, 관리 등 모든 영역에서 체계적으로 관리하고 있다(OSHA, 2012). 영국 HSE에서도 오래전부터 호흡보

\*Corresponding author: Don-Hee Han, Tel: +82 55 320 3285, E-mail: dhan@inje.ac.kr  
Department of Occupational Health and Safety Engineering Inje University, Gimhae, Gyeongnam-do 621-749, Republic of Korea  
Received: February 13, 2014, Revised: March 10, 2014, Accepted: August 26, 2014

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

호구의 중요성을 인지하고 사용지침서인 ‘Respiratory protective equipment at work -A practical guide (HSG53)’을 만들어 호흡보호구의 올바른 선정과 부적절한 사용을 방지하고 있다(HSE, 2010).

이에 비해 우리나라에서는 아직도 호흡보호구에 대한 중요도가 낮게 평가되어 이에 대한 연구도 매우 적을 뿐만 아니라 법체제도 허술하다. 그나마 산업안전보건공단 산업안전보건연구원에서는 KOSHA CODE로 ‘호흡용 보호구에 대한 사용지침’을 만들어 사용하고 있다. 2002년 처음으로 ‘호흡용 보호구 사용지침’을 만들어 공포하였으며 2004년 개정, 2008년 재개정을 하여 지금에 이르고 있다(KOSHA, 2002; 2004; 2008). KOSHA CODE (H-29-2008)은 선진외국의 관련 규격 및 자료를 인용하여 만들었기 때문에 나름대로 체계적이라고 할 수 있다. 또 화학물질의 물리적인 성상 분류에 의한 호흡보호구 선정을 비교적 쉽게 하도록 ‘호흡용 보호구 선정절차’에 대한 흐름도까지 제공하고 있다. 그러나 산업위생 전공자라고 해도 호흡보호구에 대한 전문지식을 가지고 있지 못하면 구체적으로 어떤 화학물질에 어떤 호흡보호구가 적합한지 정확하게 선정하기란 이 지침만으로는 한계가 있다. 그 이유는 이 지침서에는 1) 호흡보호구의 안면부(일명 면체) 구분이 없어 농도에 따른 호흡보호구의 형태별 선정이 불가능하다는 점, 2) 화학물질의 물리적인 성상 분류에 따라 호흡보호구 선정은 가능하지만 각 개별 화학물질에 따라 적합한 호흡보호구 선정은 매우 어렵다는 점 때문이다.

이상에서 보았듯이 KOSHA CODE(H-29-2008)은 매우 논리적이고 체계적으로 잘 되어 있으나 산업위생 전공자라고 하더라도 노출농도(혹은 노출기준), 화학물질의 종류, 사용량, 작업장의 여러 조건, 건강유해도에 따라 호흡보호구를 용이하게 선정하기란 쉽지 않다. 따라서 이보다 더 기술적이고 전문적인 ‘호흡보호구의 선정 지침’이 필요하게 되었다.

본 연구의 목적은 작업환경측정결과(또는 작업환경실태조사결과)에 따른 근로자들의 호흡보호구 사용실태를 조사하여 문제점을 파악한 다음 외국 선진국의 호흡보호구 선택 가이드를 참고하여 화학물질의 유형, 노출정도, 사용량, 작업장 조건 등을 고려한 ‘화학물질 노출에 따른 호흡보호구 선정 지침’을 개발하는 것이다.

## II. 연구방법

Figure 1은 본 연구의 흐름도이다. 158개 작업장에 서 작업환경측정을 하면서 호흡보호구 담당자에게 설문조사와 호흡보호구 사용실태를 조사하였다. 미국, 영국, 독일, 유럽 및 일본의 호흡보호구 선정가이드를 조사하였고 동시에 보호계수(Protection factor)를 정리하여 우리나라 실정에 맞도록 설정하였다. 또 국내에서 사용가능한 모든 호흡보호구에 대한 시장조사를 실시하였다. 호흡보호구 선정 지침은 두 개 부분으로 나누어 개발하였다. 첫째 노출기준이 있는 646개 화학물질에 대해서는 NIOSH documents, 3M RPRG, 기타 자료를 참고자료로 우리나라 실정에 맞도록 작성하였으며 그 물질만 찾으면 적정 호흡보호구를 쉽게 선정하도록 하였다. 둘째 노출기준이 없는 화학물질에 대해서는 이상의 조사자료와 건강유해성평가를 실시한 후 호흡보호구를 선정하는 방식으로 작성하였다.

### 1. 작업환경측정 및 호흡보호구 사용실태조사(설문조사 등)

부산, 경남, 울산에 소재한 158개의 제조사업장을 방문하여 작업환경을 측정하였고 현장에서 호흡보호구 담당자를 대상으로 설문조사와 호흡보호구 사용실태조사를 병행하였다.

조사방법은 작업환경측정대행기관의 측정기사 혹은 보건관리자들이 사업장을 직접 방문하여 실태를 파악한 다음 현장에서 호흡보호구 담당자들이 직접 설문지를 작성하도록 하고 바로 수거하였다. 이 설문지에 작업환경측정 결과를 기록한 다음 최종적으로 연구책임자가 인수하였다.

설문지의 내용은 일반적인 사항과 업무관련 문항 등 총 18개 문항으로 구성되어 있으며 호흡보호구 담당자가 직접 작성하도록 하였고 작업환경측정결과를 측정기관에서 작성하도록 하였다. 연구책임자는 사용 중인 화학물질의 종류, 농도(노출기준과 비교) 등을 고려하여 현재 사용 중인 호흡보호구의 적합 여부를 판단하였다.

### 2. 국내 사용가능한 호흡보호구의 시장조사

우리나라에서 구입 가능한 호흡보호구를 종류별로

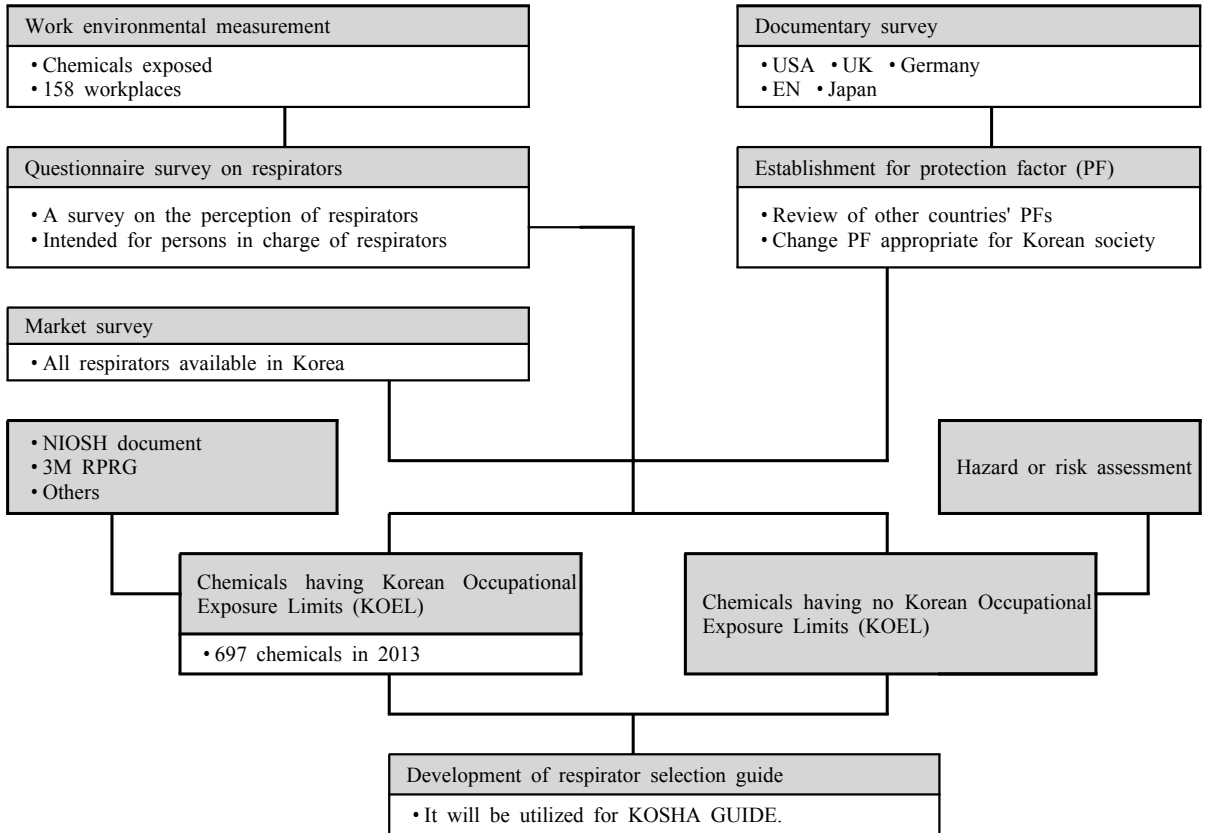


Figure 1. Flow chart of development of respirator selection guide

조사하였다. 시장조사는 ‘산업안전보건공단 안전인증센터’의 인허가 자료를 이용하여 분석하였다. ‘산업안전보건공단 안전인증센터’의 인허가 품목인 아닌 제품 예를 들어, 공기호흡기 같은 호흡보호구는 ‘한국소방산업기술연구원(KFI)’의 인허가 자료를 분석하였다. 또 이들 이외에도 ‘한국기술표준원’의 자료를 분석하였다. 마지막으로 제조사 홈페이지에 수록된 제품 목록과 제품 담당자에게 직접 전화하여 확인하였다.

### 3. 외국의 호흡보호구 선택 가이드 문헌조사

외국 선진국의 호흡보호구 선택 가이드를 인터넷과 문헌을 구입하여 자료를 수집하고 분석하였다.

미국은 2004 NIOSH Respirator Selection Logic, 영국은 HSE Respiratory protective equipment(RPE) at work - A practical guide(2012년 개정판), 독일은 Respiratory protective devices(DIN EN 529, 2006), 일

본은 呼吸用保護具の選擇の方法(JISHA, 2012), 그리고 유럽의 호흡보호구 분류(EN 133, 2001)를 중심으로 분석하였다.

### 4. 보호계수(Protection factor: PF)에 대한 개념정리

문헌조사를 통하여 외국 선진국의 보호계수를 비교 분석하고 이들의 장단점을 파악한 다음 현재 상황에서 우리나라에 적용이 가장 적합한 보호계수를 도입하므로 보호계수에 대한 개념을 정리하였다.

### 5. 개별 화학물질에 대한 추천 호흡보호구의 선정 지침

추천 호흡보호구의 선정방법은 노출기준이 있는 경우와 없는 경우로 나누어 제시하였다.

2013년 노출기준이 있는 646종의 화학물질에(KMOEL, 2012) 대한 추천 호흡보호구를 NIOSH Pocket guide to chemical hazards의 형식으로 작성하였다. 참고자료로는 NIOSH documents, 3M의 application

인 RPRG(Respiratory Protection Resource Guide)를 우선적으로 참고하였고 이들 자료에 없는 경우에는 기존의 호흡보호구 선정 원칙에 따라 작성하였다.

노출기준이 없는 화학물질에 대해서는 현재 산업안전보건공단에서 실시하고 있는 화학물질에 대한 ‘사업장 위험성 평가(고용노동부와 산업안전보건공단, 2013)’와 유사한 평가방법을 도입하여 호흡보호구 선정을 위한 유해성 평가를 실시한 다음 적합한 호흡보호구를 선정하는 방법을 제시하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 호흡보호구 사용실태조사

실태조사의 목적은 호흡보호구 관리 책임자들이 호흡보호구 및 관련 업무에 대해 얼마나 정확하게 알고 있는지를 파악하고자 함이었다. 따라서 사업장에서 호흡보호구 담당자를 대상으로 실시하였으며 호흡보호구를 착용하는 근로자들은 조사에서 배제시켰다. 회수한 설문지는 총 158부이었으며 훼손된 1개를 제외한 157부로 분석하였다.

호흡보호구 취급자는 보건관리자가 해야 하는데 보건업무담당자는 5명(3.2%)에 불과하였고 보건업무와 근접한 안전업무 5명(3.2%), 환경업무 6명(3.8%)으로 나타났으며 나머지는 호흡보호구 취급과 전혀 관련이 없는 자들이 담당하고 있었다. 설문조사 및 작업환경측정결과와 대조한 결과 조사 대상자의 약 70%가 방진마스크가 필요하여 방진마스크가 방독마스크보다 더 많아야 한다는 것을 알 수 있었다. 방진마스크를 착용한다고 응답한 138명을 대상으로 방진마스크의 등급을 중복응답을 통하여 알아 본 결과, 특급이 10.9%(15명), 1급이 63.8%(88명), 2급이 27.5%(38명)라고 응답하였고 등급을 잘 모른다고 응답한 경우도 15.9%인 22명이 응답하였다. 아직도 여과효율이 떨어지는 2급 마스크의 사용이 지나치게 높다는 점과 상당수의 호흡보호구 담당자들이 방진마스크의 등급조차 모른다는 점은 호흡보호구 관리상에 상당한 문제점으로 지적되었다. 방독마스크 정화통은 유기증기용이 64.4%(56명)로 가장 많이 사용되고 있었으며 그 다음으로는 복합가스용 12.6%(11명), 유기증기/산성가스용 10.3%(9명), 산성가스용 9.2%(8명), 포름알데히드/유기증기용 3.5%(3명) 순이

었다. 안면부 형태로는 1/4형과 반면형이 거의 비슷한 수준으로 사용되고 있었는데 1/4형 64.5%(91명), 반면형이 63.8%(90명)이었다. 작업환경측정결과, 설문조사 내용 및 사용실태조사를 통하여 현재 사용 중인 호흡보호구의 적합여부를 분석한 결과 적합하다고 판정된 사업장은 62.4%(98명 응답), 부적합은 35.0%(55명 응답)로 나타나 부적합한 호흡보호구의 선정이 심각함을 알 수 있었다.

이상을 종합하여 볼 때 호흡보호구 담당자들의 호흡보호구에 대한 지식 및 중요도에 관한 인식수준이 매우 낮고 부적합한 호흡보호구 선정 비율이 높아 호흡보호구에 대한 교육이 강화되어야 할 것으로 판단되었다.

#### 2. 보호계수(Protection Factor)의 도입

각 나라는 호흡보호구별로 보호계수를 정하여 놓고 호흡보호구를 선정할 때 활용하고 있다. 각 나라별로 보호계수의 명칭은 다음과 같다.

- 미국 : 할당보호계수(APF: Assigned Protection Factor)
- 유럽(영국, 독일, 스웨덴 등) : 보호계수(PF: Protection Factor) 혹은 할당보호계수(APF)
- 일본: 지정방호계수

미국의 할당보호계수는 안면부(면체)를 통한 오염물질의 침투는 고려하지 않고 얼굴과 호흡보호구 안면부 사이의 누설(Face seal leakage)만을 고려하여 정해 놓은 것이다. 방진필터의 종류는 9개로 분류되는데 불구하고 필터의 종류에 관계없이 이들 필터가 1/4형이면 APF=5, 반면형이면 APF=10, 전면형이면 APF=50으로 되어있다. 반면, 유럽(영국, 독일 등)에서는 얼굴과 호흡보호구 안면부 사이의 누설정도는 물론 오염물질의 안면부 침투까지 고려하기 때문에 좀 더 복잡해진다. 방진마스크의 경우 P1, P2, P3에 따라 보호계수는 크게 달라지며 장착하는 마스크 면체의 형태에 따라 또 달라진다. 예를 들어, 반면형 방진마스크의 보호계수는 P1=4, P2=10, P3=20이며 전면형 방진마스크의 보호계수는 P1=4, P2=10, P3=40이다. 일본의 경우는 지정방호계수는 보호구의 형태에 따라 하나 값으로 정해진 것이 아니라 광범위한 값으로 정해져 있다. 예를 들면, 반면형 방진마스크의 경우 3~10이다. 우리나라 KOSHA CODE

(H-29-2008)에 있는 할당보호계수는 이미 폐기된 미국 ANSI의 것을 그대로 사용하고 있었다.

미국의 할당보호계수는 오염물질의 누설경로를 착용자의 얼굴과 호흡보호구 안면부 사이 누설만을 고

<b>Step 1</b>																				
Company Date of Assessment Performed by			Department Section Location																	
Work details			Work duration Work frequency																	
<b>Step 2</b>																				
Control measures			Reason for using RPE Residual risk Short duration work Emergency escape Interim measure Emergency work/escape																	
Confined space working Confined space ? Risk of oxygen deficiency? Substance release ?			<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>Unsure</td> <td>No</td> <td>Yes</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Unsure	No	Yes												
Unsure	No	Yes																		
Seek specialist advise 			Go to STEP 3 <div style="background-color: #f4cccc; padding: 5px; border: 1px solid #f4cccc;">                     Comply with Confined Spaces Regulations. Use only breathing apparatus with APF of 10,000, unless a higher PF is indicated in STEP 3                 </div>																	
<b>Step 3</b>																				
Substance		Risk phrase (H-code)	HHG	Amount	Dust/Vol															
				APF																
				Highest APF required																
<b>Step 4</b>																				
Task related factors <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td style="width: 50%;">Work rate Heavy, Medium, Light</td><td style="width: 50%;"></td></tr> <tr><td>Wear time: &gt; 1hr, &lt; 1hr</td><td></td></tr> <tr><td>Abnormal temperature or humidity</td><td></td></tr> <tr><td>Power tools used, list below</td><td></td></tr> </table> </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>Clarity of vision critical</td></tr> <tr><td>Clarity of communication critical</td></tr> <tr><td>Congested work area</td></tr> <tr><td>Potentially explosive area</td></tr> <tr><td>Mobility critical</td></tr> </table> </td> </tr> </table>						<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td style="width: 50%;">Work rate Heavy, Medium, Light</td><td style="width: 50%;"></td></tr> <tr><td>Wear time: &gt; 1hr, &lt; 1hr</td><td></td></tr> <tr><td>Abnormal temperature or humidity</td><td></td></tr> <tr><td>Power tools used, list below</td><td></td></tr> </table>	Work rate Heavy, Medium, Light		Wear time: > 1hr, < 1hr		Abnormal temperature or humidity		Power tools used, list below		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>Clarity of vision critical</td></tr> <tr><td>Clarity of communication critical</td></tr> <tr><td>Congested work area</td></tr> <tr><td>Potentially explosive area</td></tr> <tr><td>Mobility critical</td></tr> </table>	Clarity of vision critical	Clarity of communication critical	Congested work area	Potentially explosive area	Mobility critical
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td style="width: 50%;">Work rate Heavy, Medium, Light</td><td style="width: 50%;"></td></tr> <tr><td>Wear time: &gt; 1hr, &lt; 1hr</td><td></td></tr> <tr><td>Abnormal temperature or humidity</td><td></td></tr> <tr><td>Power tools used, list below</td><td></td></tr> </table>	Work rate Heavy, Medium, Light		Wear time: > 1hr, < 1hr		Abnormal temperature or humidity		Power tools used, list below		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>Clarity of vision critical</td></tr> <tr><td>Clarity of communication critical</td></tr> <tr><td>Congested work area</td></tr> <tr><td>Potentially explosive area</td></tr> <tr><td>Mobility critical</td></tr> </table>	Clarity of vision critical	Clarity of communication critical	Congested work area	Potentially explosive area	Mobility critical						
Work rate Heavy, Medium, Light																				
Wear time: > 1hr, < 1hr																				
Abnormal temperature or humidity																				
Power tools used, list below																				
Clarity of vision critical																				
Clarity of communication critical																				
Congested work area																				
Potentially explosive area																				
Mobility critical																				
User's name Wearer related factors <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td style="width: 50%;">Headgear (turban etc)</td><td style="width: 50%;"></td></tr> <tr><td>Facial hair</td><td></td></tr> <tr><td>Facial markings</td><td></td></tr> </table> </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>Spectacles or contact lenses worn</td></tr> <tr><td>Eye, head, ear or facial protection</td></tr> <tr><td>Medical condition: seek medical advice</td></tr> </table> </td> </tr> </table>						<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td style="width: 50%;">Headgear (turban etc)</td><td style="width: 50%;"></td></tr> <tr><td>Facial hair</td><td></td></tr> <tr><td>Facial markings</td><td></td></tr> </table>	Headgear (turban etc)		Facial hair		Facial markings		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>Spectacles or contact lenses worn</td></tr> <tr><td>Eye, head, ear or facial protection</td></tr> <tr><td>Medical condition: seek medical advice</td></tr> </table>	Spectacles or contact lenses worn	Eye, head, ear or facial protection	Medical condition: seek medical advice				
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td style="width: 50%;">Headgear (turban etc)</td><td style="width: 50%;"></td></tr> <tr><td>Facial hair</td><td></td></tr> <tr><td>Facial markings</td><td></td></tr> </table>	Headgear (turban etc)		Facial hair		Facial markings		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>Spectacles or contact lenses worn</td></tr> <tr><td>Eye, head, ear or facial protection</td></tr> <tr><td>Medical condition: seek medical advice</td></tr> </table>	Spectacles or contact lenses worn	Eye, head, ear or facial protection	Medical condition: seek medical advice										
Headgear (turban etc)																				
Facial hair																				
Facial markings																				
Spectacles or contact lenses worn																				
Eye, head, ear or facial protection																				
Medical condition: seek medical advice																				
Show this form to your supplier/specialist advisor. Involve the wearer and provide a choice of RPE.			RPE selected    •BA type _____ •Respirator type:    Filter: _____																	
<b>Step 5</b>																				
Fit test tight fitting RPE, and implement RPE use in the workplace				Signature of assessor:																

Figure 2. Rating table of recommended respirator selector

려한 것이고 유럽의 보호계수는 누설경로를 안면부 누설, 여과필터 및 흡배기 밸브를 통한 투과 등 모든 경로의 침투를 종합적으로 고려한 것이다. 현재 우리나라는 보호계수를 결정할 수 있는 어떤 실험데이터도 갖고 있지 않기 때문에 미국과 같이 안면부 누설만 고려하는 것이 더 바람직할 것이다. 또 호흡보호구에 대한 여러 가지 개념 정리가 되어 있지 않은 우리나라의 실정을 고려할 때 보건관리자들이 혼란스러움을 줄이기 위해서는 복잡한 유럽식보다는 보다 간단명료한 미국의 OSHA 것을 도입하는 것이 편리할 것으로 판단되었다. 따라서 이상의 모든 것을 고려할 때 미국 OSHA의 할당보호계수를 도입하는 것이 더 타당하다고 판단되었다.

### 3. 추천 호흡보호구 선정 지침

호흡보호구를 선정하는 ‘호흡보호구 선정표’는 Figure 2와 같다. 호흡보호구를 선정하려면 1단계에서 5단계까지 단계별 과정을 거쳐야 한다. 오직 3단계에서는 노출기준이 있는 화학물질과 노출기준이 없는 화학물질로 구분하여 작성하여야 하며 나머지는 모두 동일하다.

#### 1) 1단계

사업장, 작업환경, 작업시간 및 작업횟수를 기록한다.

#### 2) 2단계

① 호흡보호구를 착용해야만 하는 적절한 이유를 골라 체크한다.

② 밀폐공간 작업 여부를 체크한다.

- 밀폐공간: 밀폐공간이면 ‘예’
- 산소결핍 위험: 작업장이 산소농도 18% 미만이거나 미만일 것 같으면 ‘예’

- 위험물질 방출 위험: 갑작스럽게 유해물질 그리고/혹은 질식제의 방출이 우려되면 ‘예’

③ 밀폐공간이 ‘예’인 경우 밀폐공간 작업 규정을 따른다. 산소결핍이나 위험물질 방출 위험이 있으면 할당보호계수가 10,000인 자급식 호흡보호구를 사용한다.

#### 3) 3단계

(1) 노출기준이 있는 경우

노출기준이 있는 화학물질인 경우에는 Figure 2의 3단계를 Figure 3으로 대체하면 된다.

노출기준이 있는 개별 화학물질에 대한 호흡보호구 선정방법은 ‘한국산업안전보건연구원’의 2013년 연구용역보고서에서 그 물질에 맞는 추천 호흡보호구를 찾기만 하면 되기 때문에 아주 간단하다. 여러 가지 화학물질이 복합적으로 존재할 경우에는 보호계수가 가장 큰 호흡보호구를 선정하면 된다. Table 1은 한글말로 된 노출기준이 있는 개별 화학물질에 대한 추천 호흡보호구의 한 예(불화수소)이다.

#### 화학물질에 대한 기본정보

호흡보호구 선정에 기본적으로 필요한 화학물질의 기본정보 즉, 분자량, IDLH, 냄새서한도(odor threshold), 끓는점 혹은 녹는점, 증기압, 폭발 하한값(LEL)을 수록하였다. 또 인체 노출경로와 인체 노출시 주요증상을 수록하여 화학물질의 독성 특성을 쉽게 알아보도록 하였다.

#### 추천호흡보호구를 만든 방법

① 미국 CDC의 NIOSH 자료 (<http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgdcas.html>)를 우선적으로 참고하였다. 그러나 이 자료는 우리나라 노출기준에 있는 화학물질

Step 3		
Substance	Respirator recommended	APF
Highest APF required		

Figure 3. Step 3 of rating table for chemicals having Korean Occupational Exposure Limits (in Korean)

**Table 1.** An example sheet of recommended respirators for chemicals having Korean Occupational Exposure Limits(OEL)

No.	Name of substance		Formula of chemical	Korean OEL				Remark (CAS number etc)
	Korean	English		TWA		STEL		
				ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	
238	불화수소	Hydrogen fluoride, as F	HF	0.5	-	C 3	C 2.5	[7664-39-3]
IDLH(ppm)	Odor threshold(ppm)	Molecular weight	Boiling point(℃)	Vapor pressure(mmHg)			LEL(%)	
30	0.04	20.0	19.4	783			· Not applicable(NA) · Nonflammable Gas	
Exposure Routes	inhalation, skin absorption(liquid), ingestion(solution), skin and/or eye contact							
Symptoms	irritation eyes, skin, nose, throat; pulmonary edema; eye, skin burns; rhinitis; bronchitis; bone changes							
Respirator Recommendations <sup>1,2)</sup>	1) <b>up to 5 ppm:</b> Powered or non-powered, air-purifying, full-facepiece respirator with cartridge(s) providing protection against HF or organic vapor/acid gas; full-facepiece supplied-air respirator 2) <b>up to 30 ppm:</b> Any air-purifying, full-facepiece respirator(gas mask) with a chin-style, front- or back-mounted canister providing protection against HF or organic vapor/acid gas; Any self-contained breathing apparatus with a full facepiece 3) <b>&gt;30 ppm, Emergency or planned entry into unknown concentrations or IDLH conditions:</b> Any positive pressure self-contained breathing apparatus with a full facepiece 4) <b>Escape:</b> Full-facepiece respirator with cartridge(s) providing protection against HF or organic vapor/acid gas; Any appropriate escape-type, self-contained breathing apparatus							

중 추천호흡보호구가 있는 경우는 대략 30%에 불과하였다. 이는 NIOSH가 자체적으로 연구 검토가 되지 않은 것은 호흡보호구를 추천하지 않았기 때문이다. 추천호흡보호구가 있는 것도 상당부분이 송기마스크를 추천하여 작업현장에서 현실적으로 크게 도움이 되지는 않을 것으로 판단되었다.

② 3M의 RPRG를 두 번째 자료로 참고하였다. 3M 자료는 거의 모두 화학물질에 대한 추천호흡보호구를 가지고 있으나 OEL의 10배 것만 가지고 있다는 점, 또 농약 계통의 화학물질은 전혀 없다는 점이 문제였다.

③ 두 자료 모두 추천 호흡보호구가 있는 경우에는 NIOSH 것을 우선적으로 추천하였다. 그러나 NIOSH 자료가 송기마스크만 추천하고 3M 자료는 공기정화식 호흡보호구가 있는 경우에는 3M 자료를 활용하였다. 그 이유는 송기마스크의 경우 실제 작업현장에서 활용하기에는 한계가 있기 때문이다.

④ 두 자료 중 한 자료만 있는 경우에는 그 자료만 활용하였다.

⑤ 두 곳 모두 추천호흡보호구가 없는 경우에는 OSHA, NIOSH, HSE를 참고로 하여 가장 적합한 호흡보호구를 추천하였다.

⑥ 작업환경측정결과와 노출기준을 10배 이상 넘는 경우는 없었다. 따라서 거의 모든 호흡보호구는 노출기

준의 10배 안에서 결정된다. 3M의 RPRG도 'OEL×10' 안에서 호흡보호구를 추천하고 있다. 따라서 본 연구에서도 노출기준의 10배 값 안에서 호흡보호구를 우선적으로 추천하였다. 할당보호계수 값은 미국 OSHA 값을 준용하여 다음과 같이 정하였다.

- 노출기준×5 : 1/4형
- 노출기준×10 : 반면형
- 노출기준×50 : 전면형

⑦ OSHA는 격리식 호흡보호구에 대한 분류가 없기 때문에 격리식의 할당보호계수로 100을 적용하였다.

- 노출기준×100 : 격리식

⑧ CDC의 NIOSH와 3M RPRG 자료를 활용할 경우 ⑥과 ⑦항의 할당보호계수를 수학적으로 그대로 적용하지는 않았다. NIOSH가 할당보호계수를 수학적으로 계산하지 않았어도 이 자료를 우선적으로 활용하였다. 3M 자료 역시 10×OEL에서 전면형 마스크를 적용하였다 하더라도 이것을 그대로 사용하였다(전면형의 할당보호계수는 50임).

⑨ IDLH 농도는 NIOSH와 3M 자료가 서로 다른 경우가 많았다. 이는 NIOSH는 근로자들의 건강을 우선시하여 만든 것이고 3M 자료는 호흡보호구 착용을 고려한 현실적인 접근 때문인 것으로 판단된다. 서로 다른 경우 추천호흡보호구가 있는 곳의 IDLH 농도를 기록하였다.

⑩ 두 곳 모두 화학물질에 대한 자료가 없는 경우에는 CDC의 Agency for Toxic Substances and Disease Registry(ATSDR)와 NIOSH International Chemical Safety Cards 및 기타 자료를 이용하여 호흡보호구를 추천하였다.

### 지침 사용 시 고려 사항

추천호흡보호구 란에 참고자료의 정보원을 기록하였다. 자료에 대한 좀 더 구체적인 정보를 알고 싶으면 참고자료를 찾아보면 된다.

■참고자료원의 표시(추천호흡보호구의 어깨번호를 말함)

- 1) CDC의 NIOSH Pocket guide to chemical hazards
- 2) 3M RPRG
- 3) OSHA, NIOSH, HSE 및 기타자료를 참고로 연구자가 결정한 것임

참고자료와 본 연구의 추천호흡보호구가 동일하지는 않다. 그 이유는 첫째, NIOSH의 자료와 3M 자료가 동일하지 않았다. NIOSH는 근로자의 건강 측면을 우선적으로 고려하여 3M 자료보다 더 엄격하게 적용하고 있다. 예를 들어, IDLH 농도의 경우 NIOSH의 자료가 3M 자료보다 훨씬 적은 농도값을 제시하고 있는데 어떤 것은 너무 엄격하여 현실감이 떨어지는 감이 있었다. 예를 들어, 폭발 하한치의 10% 값을 IDLH로 정한 것을 너무 엄격하다는 느낌

이며 현실감이 떨어진다고 판단되었다. 둘째, 3M의 경우 현실적으로 호흡보호구를 착용하는 것을 중심으로 했기 때문에 미국 PEL의 10배 값에서만 추천하고 있다. 이보다 높은 농도에서는 3M의 경우 추천호흡보호구가 없다. 또 3M의 경우 농약(살충제, 제초제, 살균제)에 대해서는 전혀 추천호흡보호구를 제시하지 않았다. 할당보호계수를 반드시 수학적으로 계산하여 수록하지는 않았다. NIOSH가 자체적으로 연구하여 농도별로 제시한 것도 있고 우리나라의 노출기준과 다른 화학물질이 존재하기 때문에 이런 모든 것을 고려하여 연구자의 판단에 따라 새롭게 작성하였다.

### (2) 노출기준이 없는 경우

노출기준이 없는 경우에는 현재 ‘안전보건공단’에서 수행하고 있는 ‘사업장 위험성 평가(KMOEL and KOSHA, 2013)’방법과 유사한 방식으로 호흡보호구 선정을 위한 유해성평가(Health hazards assessment)를 실시해야 한다.

### 호흡보호구 선정을 위한 유해성 평가

- ① GHS MSDS 혹은 MSDS를 확보한다.
- ② 유해·위험문구(H-code) 분류기준을 이용하여 화학물질의 독성을 분류한다.
- ③ 화학물질인 경우에는 Table 2, 입자상 물질이 발생

**Table 2.** Health hazard group(HHG) for respirator selection

Health hazard group(HHG)				
A	B	C	D	E
H319	H332	H330, H331	H330	H341
H335	H332, H312	H330/H331, H331	H330, H310	
H315	H332, H312, H302	H330/H331, H311, H301	H330, H310, H300	
		H330/H331, H301	H330, H300	
	H312	H311	H310	H351
	H312, H302	H331, H301	H310, H300	
	H302	H301	H300	H334, H317
		H314		H350
		H314	H351	H340
		H319, H335	H372	H350
		R319, H335, H315		
		H318	H360	
			H361	
		H317		
		H373		



**Table 3.** Health hazard group(HHG) of particulate mass for respirator selection

Process/substance	HHG
Powder dust	A
Grain dust	A
Wood dust	A
Poultry house dust	A
Cotton dust	B
Wool process dust	A
Rubber process dust	B
Rubber fume	C
Chimney sweeping(domestic)	A
Mineral oil mist(except used engine oil)	B
Ferrous foundry dust	A
Welding/cutting: Mild steel	B
Welding/cutting: Stainless steel	D
Lead-based dust or fume(eg., removal of lead paint)	D
Solder flux fume	D

**Table 4.** Amount of substance used for a day

Amount of substance used for a day	
Large	t or m <sup>3</sup> (tanker or lorry loads)
Medium	kg or L(1-100 kg, up to 200 L)
Small	g or mL(a few ounces, around a cupful)

하는 작업공정인 경우에는 Table 3을 이용하여 건강유해도그룹(HHG: health hazard group)을 분류한다.

④ Table 4를 이용하여 화학물질의 하루 사용량을 대, 중, 소로 분류한다.

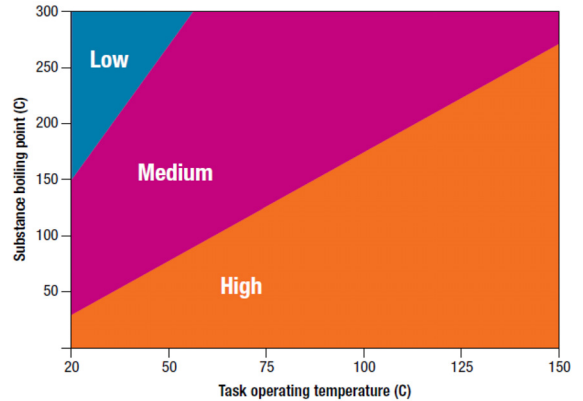
**Table 5.** Dustiness of substance used

Dustiness of substance used	
High	Fine powder, fume or mist. Dust cloud, fume or mist is formed and remains in the air for several minutes
Medium	Crystalline granular solids and dust(visible, settles quickly). Fume or mist formed close to the task but dissipates very quickly
Low	Pellets, waxy flakes and pill-like solids that do not break up easily. No dust cloud produced and little or no dust in the area

**Table 6.** Volatility of gas/vapor chemicals used

Task operating temperature	High	Medoum	Low
≤20℃	B.P.<50℃	50℃≤B.P.≤150℃	150<B.P.
>20℃	B.P.<2X+10℃	2X+10℃<B.P.≤5X+50℃	5X+50℃<B.P.

\*B.P. : Boiling point of substance, X : Task operating temperature(℃)



**Figure 4.** Volatility graph

⑤ 입자상 물질인 경우에는 Table 5을 이용하여 비산성을, 증기/가스상 물질인 경우에는 Table 6 및 Figure 4를 이용하여 휘발성을 고, 중, 저로 분류한다.

⑥ Table 7을 이용하여 할당보호계수(APF)를 구하여 기재한다.

⑦ 할당보호계수 칼럼에 적혀 있는 값들 중에서 가장 높은 값을 ‘가장 높은 보호계수’란에 기재한다.

#### 4) 4 단계

##### ① 작업 관련 인자

■ 작업을: 작업율은 다음과 같이 분류한다.

- 경작업: 앉아서 하는 작업
- 중등작업: 손과 팔에 힘이 들어가거나 빠르게 걷을 정도의 작업
- 중(重)작업: 기계 없이 과도하게 힘이 들어가는 작업

Table 7. Assigned protection factor(APF) with Health hazard group(HHG)

HHG	Amount	Dustiness/Volatility		
		Low	Medium	High
A	Small	-	-	-
	Medium	-	5	10
	Large	5	10	50
B	Small	-	5	5
	Medium	-	10	50
	Large	10	50	1,000
C	Small	-	5	5
	Medium	10	10	50
	Large	50	50	1,000
D	Small	10	50	1,000
	Medium	50	1,000	1,000
	Large	50	1,000	10,000
E	Small	10	50	1,000
	Medium	50	1,000	1,000
	Large	50	1,000	10,000

■ 착용시간: 밀착형 호흡보호구는 장시간 사용시 사용자에게 불편함을 주기 때문에 전동식 호흡보호구를 고려해 볼 수 있다.

■ 과도한 온도와 습도: 과도한 온도와 습도는 사용자에게 고열장해(Heat stress), 발한 및 불편함을 초래할 수 있으므로 냉각 혹은 온열 장치가 구비된 전동식 호흡보호구를 고려한다.

■ Power tool 사용: 공기를 공급하기 위한 power tool을 호흡보호구의 공기공급장치에 연결할 경우 보호계수가 감소됨을 고려한다.

■ 선명한 시야 확보 필요: 선명한 시야가 필요한 곳에서 얼굴 전면을 가리는 전면형·바이저·후드형의 호흡보호구는 바람직하지 못하며 충분한 빛을 공급하면 반면형 마스크가 바람직하다. 소모성(1회용)의 바이저를 이용한 호흡보호구를 사용할 수 있다.

■ 명확한 의사소통 필요: 명확한 의사소통이 필요한 곳에서는 의사소통용 호흡보호구가 필요하다.

■ 비좁고 복잡한 작업장: 가볍고 제한성이 없는 호흡보호구를 사용한다.

■ 폭발위험성이 있는 작업장: 산소과다(산소농도 20.8% 이상)를 포함한 폭발 가능성이 있는 작업장에서는 경합금이 없으며 정전기를 일으키지 않는 안전

한 호흡보호구가 적합하다.

■ 움직임이 많은 작업장: 호스가 있는 호흡보호구는 피한다.

## ② 사용자 관련 인자

■ 얼굴의 수염, 흉터: 안면부가 닿는 부분에 수염이나 깊은 흉터가 있어 누설의 우려가 있으면 후드형 호흡보호구를 사용한다.

■ 안경나 콘택트렌즈 착용: 안경다리를 집어넣을 수 있는 호흡보호구를 선정한다. 호흡보호구의 밀착성을 방해하면 콘택트렌즈를 권한다.

■ 콘택트렌즈 사용자는 공기흐름에 쉽게 눈이 건조해진다.

■ 눈, 머리, 청력 및 얼굴 보호: 다른 타입의 개인 보호장구의 작동에 영향을 주지 않는 호흡보호구를 권한다. 예를 들어, 한꺼번에 붙어있는 호흡보호구를 선택한다(예, 전동식 헬멧 호흡보호구).

■ 건강상태: 폐쇄공포증, 심장질환, 난청, 천식 및 기타 호흡기질환을 고려하여 호흡보호구를 선정한다.

## 5) 5단계

밀착형 호흡보호구인 경우 밀착도 검사(Fit testing)를 시행하고 사용할 것을 권한다.

## IV. 결 론

157개 사업장의 호흡보호구 담당자를 대상으로 호흡보호구 선정에 대한 실태조사를 실시한 결과 많은 사업장이 호흡보호구를 부적합하게 선정하여 사용하고 있었으므로 보건관리자에 대한 신규 혹은 보수교육에 호흡보호구에 관한 교육을 강화할 필요가 있었다.

외국의 호흡보호구 선정지침을 분석한 결과 각 나라마다 용어는 달라도 호흡보호구 선정에 있어 호흡보호구를 분류하는 방법과 사업장의 유해도에 따라 보호계수를 이용하는 방법은 동일하였다. 우리나라의 여러 여건을 고려할 때 간단하고 명료한 미국의 할당보호계수를 적용하는 것이 더 바람직할 것으로 판단되었다.

작업환경측정결과, 외국의 호흡보호구 선택 가이드 등을 참고하여 호흡보호구 선정지침을 개발하였다. 노출기준이 있는 화학물질은 2013년 산업안전보건공단 연구보고서에 수록된 호흡보호구를 선정하면

되며 노출기준이 없는 화학물질에 대해서는 사업장 유해도 평가를 실시한 후 이에 적합한 호흡보호구를 선정하도록 호흡보호구 선정지침을 개발하였다.

## 감사의 말씀

본 논문은 2013년도 한국산업안전보건공단 산업 안전보건연구원의 연구비 지원을 받아 수행된 것으로 이에 감사를 드립니다.

## References

- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). NIOSH Pocket guide to chemical hazards [Accessed January 29, 2013]; Available from: URL: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0368.html>
- DIN EN 529. Respiratory protective devices - Recommendations for selection, use, care and maintenance-Guidance document; 2006.
- Health and Safety Executive (HSE). Respiratory protective equipment at work - a practical guide (HSG53) 2010 [Accessed 2013 January 31] Available from: URL: <http://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg53.pdf>
- Japan Industrial Safety and Health Association (JISHA). Guide to selection of respirators; 2012.
- Korean Ministry of Employment and Labor (KMOEL). Korean Occupational Exposure Limits (KMOEL Notice 2013-38); 2013.
- Korean Ministry of Employment and Labor (KMOEL) and Korean Occupational Safety and Health Agency (KOSHA). Guide to risk assessment in the workplaces; 2013.
- Korean Occupational Safety and Health Agency (KOSHA). Guide to use of respirators; 2002.
- Korean Occupational Safety and Health Agency (KOSHA). Guide to use of respirators, KOSHA CODE (H-29-2004); 2004.
- Korean Occupational Safety and Health Agency (KOSHA). Guide to use of respirators, KOSHA CODE (H-29-2008); 2008.
- Korean Occupational Safety and Health Agency (KOSHA)(Don-Hee Han etc). A Survey of Respirators Usage and Efficient Management System of Respirators for Exposed to Chemicals (Health document 2008-1-2); 2008.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Guide to industrial respiratory protection, DHHS (NIOSH) Publication No. 87-116, NIOSH; 1987.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 2004 NIOSH respirator selection logic, DHHS (NIOSH) Publication No. 2005-100, NIOSH; 2005.
- Occupational Safety and Health Act (OSHAct). Code of Federal Regulation (CFR). 29 CFR 1910.134 "Respiratory protection" [Accessed 2013 September 2] Available from; URL: [https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_id=12716&p\\_table=standards](https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_id=12716&p_table=standards)